

CEREBRO, CUERPO Y SIGNIFICADO

LECCIÓN INAUGURAL
DEL CURSO ACADÉMICO 2010-2011
pronunciada por el
Dr. Manuel de Vega Rodríguez
Catedrático de Psicología

Excmo. Sr. Presidente del Gobierno de la Comunidad Autónoma
de Canarias

Excmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad de La Laguna

Excelentísimas e Ilustrísimas autoridades

Miembros de la Comunidad Universitaria

Señoras y Señores

I. PREÁMBULO

Un acto académico como éste es en cierto modo una mirada al pasado, a las raíces y a la tradición de nuestra universidad. El lucimiento del traje académico, la participación de las autoridades, la investidura de nuevos doctores, el himno universitario, o el pronunciamiento de la lección inaugural configuran una ceremonia solemne que se viene repitiendo año tras año. Este enraizamiento en la tradición es, sin duda, valioso y para mi es un honor contribuir a este acto, representando a la Facultad de Psicología de la ULL en la que he desarrollado mi labor desde hace más de 30 años.

Pero las ceremonias que nos enraízan con el pasado o el hecho de pertenecer a una vieja universidad no garantizan por si mismos que nuestra labor colectiva sea excelente. Sólo una universidad que afronta los retos docentes e investigadores del siglo XXI con una vocación de modernidad y superación de las limitaciones pasadas y actuales, puede merecer la pena. La Facultad de Psicología tiene una historia que se caracteriza por esa capacidad de asumir retos y, especialmente, de afrontar sin complejos la búsqueda de nuevos conocimientos. En

este sentido, la facultad incluye varios grupos de investigadores inquietos que, huyendo de la rutina académica y del apoltronamiento, desarrollan proyectos regionales, nacionales e internacionales, publican en revistas de impacto, organizan congresos, colaboran con empresas y con la administración, y forman a otros investigadores a través de sus programas de doctorado con mención de calidad. Además, la Facultad de Psicología ha respondido con rapidez, y creo que con eficacia, al reto que supone la implantación de nuevas titulaciones de grado y de master.

Una de las áreas de investigación más pujante en la Facultad de Psicología es la de las neurociencias cognitivas. Se trata de un área transversal a la que se han incorporado o se están incorporando grupos de investigación básica, de psicobiología, de psicología clínica, y de psicología del desarrollo y de la educación. Además, su carácter interdisciplinar es ideal para establecer y desarrollar colaboraciones con otras especialidades médicas, biológicas y tecnológicas. La lección de hoy se inscribe en esta corriente de las neurociencias cognitivas.

II. LAS FUNCIONES DEL CEREBRO

El cerebro humano es un órgano aparentemente modesto: apenas pesa 1500 gramos y su aspecto no es particularmente impresionante. Sin embargo, un análisis detallado de su estructura y organización celular provoca asombro. Baste decir que sólo la corteza cerebral se estima que contiene unos 10.000 millones de neuronas, cada una de las cuales puede considerarse un sofisticado ordenador biológico que mantiene miles de conexiones con otras neuronas, que hacen un total de varios billones de conexiones. Esa intrincada red neuronal fue inicialmente estudiada por

nuestro gran neurólogo Ramón y Cajal desde un punto de vista histológico y estructural, estableciendo bases seguras para la investigación neurológica en el siguiente siglo. Sin embargo, sólo en las últimas décadas nos estamos aproximando a una comprensión de cómo ejecuta el cerebro sus funciones. Y esas funciones son de una importancia extrema. En primer lugar, el cerebro regula y supervisa continuamente el funcionamiento de los demás órganos. En segundo lugar, el cerebro es el sustrato de nuestros procesos cognitivos, del lenguaje, de la memoria y hasta de nuestra identidad y personalidad. En cierto modo se puede afirmar que “yo no tengo un cerebro, sino que el cerebro me tiene a mí”. En tercer lugar, el cerebro regula y controla la interacción de nuestro cuerpo con el entorno y nos proporciona la experiencia consciente de “estar ahí” y de actuar sobre el mundo.

En esta lección voy a hablar, en primer lugar, de este último aspecto, es decir de aquellas funciones del cerebro que nos conectan con el mundo exterior: la percepción, la acción y la emoción. Estas tres funciones tienen un carácter corpóreo, ya que requieren la intervención de los órganos sensoriales, y de los sistemas motores y fisiológicos (además del cerebro) para su correcto funcionamiento. Por otra parte, la percepción, la acción y la emoción no son exclusivas de la especie humana, sino que las compartimos con otras especies animales. En segundo lugar, trataré de una función cognitiva del cerebro que es exclusivamente humana: el lenguaje. En este sentido, la tesis principal que defenderé aquí es que el lenguaje humano, pese a tratarse de una función cognitiva “superior” y ser exclusivo de nuestra especie, comparte propiedades cerebrales y corpóreas con la percepción, la acción y la emoción.

III. PERCEPCIÓN, ACCIÓN Y EMOCIÓN

La percepción implica el análisis e interpretación de la información que llega a nuestros sentidos. Aunque la experiencia perceptiva pueda parecerse directa y sin esfuerzo, lo cierto es que nuestros órganos sensoriales y el cerebro desarrollan multitud de cálculos para producir esa experiencia. Por ejemplo, el sistema visual desarrolla una tarea ingente de procesamiento de información a partir de la luz que llega a la retina. La propia retina y una serie de estructuras nerviosas y cerebrales, son responsables de computar los bordes entre los objetos, determinar la figura (por tanto el centro de atención) y el fondo en la escena visual, analizar y calcular las trayectorias de los movimientos, discriminar los colores incluso aunque varíe la iluminación, establecer las formas y los tamaños de los objetos cualquiera que sea la perspectiva, calcular las distancias entre éstos, estimar la profundidad en la tercera dimensión, reconocer los objetos y sus propiedades funcionales, identificar las interacciones que ocurren entre los objetos (soporte, ruptura, presión, flotación, caída, empuje, etc.). Todos estos procesos ocurren velozmente, y de forma transparente a nuestra conciencia, de modo que sólo tenemos una impresión directa del producto final: “vemos” lo que pasa, pero –afortunadamente para nosotros- no somos conscientes de todos los procesos subyacentes a la visión.

Para entender la complejidad y delicadeza del sistema visual baste referirse a dos hechos. Primero, el éxito bastante escaso de la inteligencia artificial al tratar de construir sistemas de visión artificiales. Segundo, el hecho de que ciertas lesiones cerebrales relativamente pequeñas, alteran la visión de forma catastrófica, aun cuando otras áreas cerebrales visuales sigan haciendo su trabajo. Por ejemplo, los pacientes prosopagnósicos, con lesiones en el giro fusiforme, son incapaces de reconocer los rostros incluso de sus familiares o el suyo propio, aun cuando pueden

reconocer perfectamente los objetos inanimados. Por su parte, las personas con “visión ciega”, que tienen una lesión en la corteza visual primaria, no muestran la menor conciencia visual, de modo que son técnicamente ciegas. Sin embargo, otras áreas de su sistema visual funcionan correctamente y, por ello, son capaces de “adivinar” la forma de un objeto, su color, o incluso valorar si se trata de un objeto agradable o desagradable a pesar de que no lo vean.

El cerebro también es responsable de la planificación y ejecución de acciones, cualquiera que sea su grado de complejidad: desde el simple movimiento de un dedo hasta la realización de acciones más complejas, como atarse la lazada del zapato, que requiere secuencias ordenadas de movimientos que implican decenas de músculos. Muchas acciones son un tanto rutinarias o automáticas, pero otras requieren no sólo procesos motores sino también cognitivos, como por ejemplo bailar, tocar el piano, o jugar al tenis. Por otra parte, las acciones se organizan jerárquicamente; así, el cerebro controla el movimiento de varios dedos, para desarrollar la acción de atarse el zapato, que a su vez se combina con otras acciones “hermanas” (peinarse, ponerse la camisa, abrocharse, etc.), que se subordinan a un plan superior: vestirse. El cerebro dispone de una amplia red neuronal responsable de la planificación, control y ejecución de las acciones cualquiera que sea su nivel de complejidad y organización jerárquica. Esta red incluye regiones de la corteza somatotópica bastante especializadas para los movimientos de los dedos y manos, de la boca, o de los pies. De nuevo los datos de los pacientes cerebrales nos muestran la complejidad neurológica de la acción. Por ejemplo, los pacientes con enfermedad de Parkinson que tienen dañadas ciertas áreas subcorticales (ganglios basales) muestran una alteración en la planificación y ejecución de acciones.

Aunque tradicionalmente la percepción y la acción se han estudiado de forma separada, como si se tratase de “módulos” cognitivos y cerebrales independientes, lo cierto es que ambos sistemas están funcionalmente relacionados. Por ejemplo, supongamos la simple acción de coger un libro: la información que nos proporciona el sistema visual (tamaño del libro, distancia, orientación) es esencial para planificar y ejecutar los movimientos musculares apropiados. Por su parte, la percepción está acompañada también de movimientos. Así, la observación visual es muy activa y, al contemplar los objetos en nuestro campo visual, realizamos continuamente varios tipos de movimientos oculares que nos permiten enfocar la visión a la distancia apropiada en que se encuentra el objeto de interés, o desplazar la mirada en distintas direcciones, sobre todo lateralmente, para explorar otras partes del objeto o del campo visual.

Por su parte, las emociones tiñen nuestra experiencia cotidiana con tonos placenteros o desagradables. En la mayor parte de las situaciones, es probable que sintamos con mayor o menor intensidad alguna emoción. A veces estas emociones son muy primarias como el miedo, la ira, la tristeza o la alegría. En otras ocasiones, especialmente en contextos de interacción social, las emociones pueden ser más “cognitivas”, como es el caso del amor, el orgullo, la vergüenza, o la envidia; todas ellas emociones sociales, ya que emergen en relación a otras personas. Las emociones son paradójicas, pues combinan el carácter de experiencia subjetiva (por ejemplo, *sentimos* pena o alegría), al tiempo que implican respuestas fisiológicas que se pueden registrar de forma objetiva (alteraciones en el ritmo cardíaco, en la respiración, o en la respuesta electrodérmica, alteraciones en el tamaño de la pupila, etc.). Además, muchas manifestaciones emocionales son evidentes para cualquier observador, ya que consisten en cambios en la expresión facial, la postura

corporal, el tono de voz, el flujo sanguíneo en la piel, etc. De hecho, las manifestaciones emocionales tanto humanas como animales son señales biológicas fácilmente interpretables por nuestros congéneres, es decir, que tienen también un valor comunicativo. Como señaló Charles Darwin “Cuando un animal va a atacar a otro o cuando está asustado, a menudo muestra una apariencia terrible, erizando sus cabellos y aparentando así una mayor masa corporal, mostrando sus dientes, blandiendo sus cuernos, o emitiendo fieros sonidos”. No hay duda de que cualquier individuo de la misma o de otra especie (incluida la humana) entenderá inmediatamente estas señales y obrará en consecuencia, retirándose prudentemente o contraatacando.

La importancia biológica de las emociones es enorme, tal como ha demostrado el neurocientífico Antonio Damasio. Las emociones tienen un valor de supervivencia evidente: el miedo nos hace huir, la ira nos hace defendernos o luchar, la empatía nos lleva a ayudar a los demás, la tristeza nos induce a exponernos menos a situaciones o de riesgo, etc. Además las emociones son un atajo para la evaluación de situaciones y la toma de decisiones: cuando una emoción nos domina tendemos a dar respuestas inmediatas sin necesidad de una cuidadosa evaluación de los pros y los contras. Y eso, en opinión de Damasio, resulta más adaptativo en muchos casos que una deliberación “racional” que podría llevar a la inacción. Como descubrió el propio Damasio los pacientes con lesiones en el lóbulo prefrontal tienen alterado el procesamiento de las emociones aun cuando sus recursos cognitivos estén intactos. Una consecuencia sorprendente de este déficit emocional, es que estos pacientes tienen enormes dificultades para gobernar sus vidas, ya que les cuesta tomar decisiones cotidianas incluso elementales. Además, no experimentan empatía hacia los demás, con lo cual sus

capacidades morales se deterioran hasta el punto de mostrar comportamientos propios de psicópatas.

IV. LENGUAJE, SIGNIFICADO Y CORPOREIDAD

El lenguaje nos hace humanos. Aunque otras especies animales muestran alguna forma de comunicación, se trata de meras señales biológicas un tanto rígidas y siempre ligadas a la situación presente; por ejemplo, algunos monos emplean expresiones específicas de alerta, peligro, estatus, o cortejo sexual. Pero no hay en la naturaleza nada comparable a la complejidad formal del lenguaje humano con su amplio vocabulario, y su compleja sintaxis que nos permiten comprender y producir un número ilimitado de mensajes nuevos, en contraste con la rigidez y especificidad de las señales biológicas animales. El lenguaje humano, además, trasciende el “aquí y ahora”, permitiéndonos hablar no sólo de la situación actual sino también de nuestra experiencia pasada, de nuestros planes futuros, o incluso de situaciones totalmente ficticias. Además podemos expresar una gran variedad de estados mentales tanto nuestros como de los demás, tales como expectativas, deseos, o creencias. Estas habilidades mentalistas o de “teoría de la mente” son consustanciales al lenguaje humano y están totalmente ausentes o mucho menos desarrolladas en la comunicación animal.

¿Quiere esto decir que el lenguaje humano nos aleja de la naturaleza? La respuesta de algunos científicos cognitivos es que el lenguaje no sólo nos diferencia de otras especies animales, sino que también nos aleja, en cierto modo, de nuestro propio sustrato biológico perceptivo-motor. Por ejemplo, Jerry Fodor considera que el lenguaje es un “módulo” mental completamente independiente de los sistemas

perceptivos, motores o emocionales. Esto implica que el significado de las palabras consiste en representaciones simbólicas y abstractas, desligadas de nuestra experiencia corpórea. Así, cuando yo leo o escucho la palabra “gato”, se activaría en mi mente un símbolo abstracto, completamente arbitrario que en nada se parece a la visión, al sonido, o al tacto asociados a mi experiencia con los gatos, y ni siquiera a la palabra “gato”. La representación mental que activaría la palabra gato sería una especie de símbolo algebraico, digamos Z. Pero ¿puede concentrarse el significado de gato en un sólo símbolo? Según la propuesta de Fodor y de otros simbolistas, la riqueza del significado del símbolo mental Z radica en sus múltiples conexiones asociativas con otros símbolos mentales; por ejemplo aquellos símbolos que representan las propiedades de los gatos: maullar, ronronear, cazar, tener garras, ser felino, etc. Pero, no olvidemos que los símbolos mentales de estas propiedades son, a su vez, abstractos y arbitrarios, de modo que la expresión formal del significado de gato podría ser algo así: $Z = r + s + j + y \dots + n$.

La concepción simbolista, pese a ofrecer una visión desnaturalizada o “descorporeizada” del significado, ha tenido una larga tradición histórica desde Aristóteles y aún continúa siendo muy popular entre algunos científicos cognitivos. Tiene además algunas ventajas, al permitir un análisis puramente computacional o formal del significado y haber propiciado, de hecho, ciertos avances de la inteligencia artificial o la psicolingüística. Sin embargo, el significado simbólico adolece de un problema lógico: los símbolos sólo se refieren a otros símbolos, que a su vez se refieren a otros símbolos y así en un bucle infinito. Este es el famoso problema de la ausencia de “anclaje” de los símbolos en el mundo, denunciado por Harnad (1990), Searle (1980), o de Vega (1984) entre otros. Al renunciar a los procesos perceptivos, motores, y emocionales como facetas del significado, los

simbolistas no pueden explicar cómo el cerebro conecta el lenguaje con la realidad y el significado queda encerrado dentro de una “habitación china”, según el curioso experimento mental propuesto por Searle.

Pero, más allá de los argumentos lógicos, las investigaciones psicológicas y neurocientíficas recientes han puesto en entredicho la noción simbolista de significado basándose en multitud de datos experimentales. En oposición al simbolismo, ha surgido la doctrina corpórea que postula que el significado está íntimamente imbricado en los sistemas perceptivos, motores y emocionales del cerebro que hemos descrito anteriormente. Según el enfoque corpóreo, el significado de las palabras y de las frases consiste en la simulación mental de los objetos, eventos o situaciones a los que se refieren. Por ejemplo, si escuchamos o leemos la frase “Pedro golpeó el clavo con el martillo”, se activarían fugazmente en nuestra mente imágenes visuales, auditivas, e incluso motoras y emocionales de la escena. Y si explorásemos nuestra actividad cerebral deberíamos observar, en efecto, activaciones en la corteza visual, motora, o auditiva de modo análogo, aunque quizá con menos intensidad, que durante la realización de la acción correspondiente. ¿Pero es esto cierto? Veamos brevemente algunos de los resultados que apoyan la propuesta corpórea del significado lingüístico.

Estudios psicológicos sobre corporeidad

1. La comprensión de frases activa representaciones visuales. Estos estudios indican que, durante la comprensión de frases, los individuos pueden activar imágenes visuales, que incluyen la orientación espacial, la posición y la forma del objeto descrito. Rolf Zwaan y sus colaboradores han desarrollado buen número de

estudios demostrativos de esta idea, en los que se presentaba a los individuos frases seguidas cada una de ellas de un dibujo, con instrucciones de indicar rápidamente en cada caso si el objeto del dibujo se mencionó en la frase. Por ejemplo, en uno de estos experimentos Stanfield y Zwaan (2001) presentaron a los participantes frases del tipo: "El lápiz está en el cajón" o bien "El lápiz está en el vaso", y a continuación un dibujo de un lápiz en posición horizontal o bien vertical. La verificación del dibujo fue más rápida cuando su orientación era congruente con el significado de la frase (por ejemplo, "lápiz en el cajón" y dibujo de lápiz horizontal) que cuando no lo era ("lápiz en el vaso" y dibujo de lápiz horizontal). Igualmente, cuando se presentaron frases que incluían objetos que pueden tener diferentes formas dependiendo de su estado, se observó un efecto análogo de congruencia frase/dibujo. Así, el dibujo de un águila con las alas abiertas se verificaba más deprisa después de leer "El águila estaba en el cielo", que después de leer "El águila estaba en el nido". Por el contrario, un dibujo de un águila de pie y con las alas plegadas se verificaba más rápido tras la segunda frase (Zwaan, Stanfield & Yaxley, 2002). En otro estudio, realizado por Zwaan y Yaxley (2003), los participantes tenían que juzgar si dos palabras correspondían a las partes de un todo (por ejemplo, tejado y portal son partes de un edificio, mientras que tejado y pie no lo son). Las palabras se presentaban verticalmente, una encima de la otra, de tal modo que a veces su posición coincidía con la disposición de las partes en la realidad y otras no. Por ejemplo:

Coincidente	No coincidente
RAMAS	RAÍCES
RAÍCES	RAMAS

Los tiempos de respuesta fueron más rápidos en la situación coincidente que en la no coincidente, indicando que los individuos se representan automáticamente la posición espacial de las partes de un objeto.

2. La comprensión de frases de movimiento activa representaciones visuales y motoras del movimiento. Hasta tal punto la representación del significado es corpórea, que la comprensión de frases con verbos de acción y movimiento puede llegar a interferir con procesos visuales y motores realizados simultáneamente. En un experimento, Kaschak y sus colaboradores (2005) presentaron auditivamente a los participantes frases que describían movimientos horizontales (por ejemplo, "el perro corrió hacia mí"), o verticales (por ejemplo, "el humo subió hacia el cielo"), mientras veían simultáneamente un estímulo visual dinámico que se movía verticalmente u horizontalmente. Los resultados mostraron que los sujetos tardaban más en comprender las frases cuando el movimiento del estímulo coincidía con la dirección del movimiento descrito en la frase. Por ejemplo, la comprensión era más lenta cuando escuchaban "el perro corrió hacia mí" y el estímulo visual se movía hacia uno mismo. Es decir, hubo interferencia entre patrones coincidentes de significado y percepción. Este resultado, quizá inesperado, puede tener una fácil explicación: las estructuras cerebrales que procesan el movimiento en una dirección sufren una "sobrecarga" al utilizarse simultáneamente para elaborar el significado de la frase y codificar el desplazamiento visual.

En la misma línea se encuentran otros estudios en que los participantes comprendían frases con verbos de acción, al tiempo que ellos mismos realizaban una acción. Por ejemplo, en un estudio desarrollado en nuestro laboratorio (Castillo, de Vega y Moreno, 2009), los participantes leían frases con significado de transferencia hacia otra persona ("el libro se lo regalé a María") o hacia uno mismo ("el libro me lo regaló María"). Las palabras aparecían en la pantalla del ordenador de una en una, y cuando llegaba el verbo de transferencia ("regalé" o "regaló"), éste se desplazaba visualmente, simulando un movimiento de alejamiento o acercamiento. El lector debía entonces mover el dedo índice en la misma dirección del movimiento y apretar una tecla, registrándose el tiempo de respuesta. Así, el movimiento físico del dedo podía ser coincidente con el movimiento expresado en la frase de transferencia (por ejemplo, transferencia hacia otro - movimiento hacia delante), o no coincidente (por ejemplo, transferencia hacia mi - movimiento hacia delante). Al igual que en el experimento anterior de movimiento visual, cuando el movimiento motor se iniciaba inmediatamente después de la presentación del verbo se producía interferencia sobre el tiempo de respuesta en la situación de coincidencia significado-acción. Estos resultados sugieren de nuevo que el significado de los verbos de transferencia implica una simulación mental que comparte los mismos procesos motores que gobiernan el movimiento del dedo en la misma dirección. De nuevo la explicación de sobrecarga neurológica, en este caso de las neuronas motoras, al procesar el significado de la frase de acción y de la acción misma es una explicación razonable.

3. La comprensión de frases emocionales está modulada por la expresión facial, tal como han demostrado Arthur Glenberg y sus colaboradores. Así, en uno de sus experimentos (Havas, Glenberg & Rinck, 2007) los participantes escuchaban

frases que describían situaciones agradables (“tú y tu pareja os abrazáis después de una larga separación”) o desagradables (“el coche de la policía se coloca detrás del tuyo haciendo sonar la sirena”). Mientras se desarrollaba el experimento, a algunos participantes se les pedía que mantuviesen un lápiz entre los dientes, lo cual les obligaba a realizar una mueca similar a una sonrisa. Otros participantes, en cambio debían mantener el lápiz utilizando sólo los labios, lo cual induce una expresión más bien de enfado o pena. Los individuos debían juzgar el carácter agradable o desagradable de la situación descrita por cada frase, apretando las correspondientes teclas de respuesta. Los resultados mostraron respuestas más rápidas ante las frases agradables cuando los participantes mantenían el lápiz entre los dientes, y respuestas más rápidas ante las frases desagradables cuando tenían el lápiz entre los labios. Es decir, que las frases se comprendían mejor cuando había congruencia entre su valencia emocional y la expresión facial inducida por la tarea de mantener el lápiz.

En otro estudio (Havas, Glenberg y cols., 2010), los participantes leían frases que describían situaciones de enfado (“tras la discusión con aquel tipo tozudo e intolerante, saliste tambaleándote y dando un portazo”), de tristeza (“tu mejor amigo ha sido hospitalizado por una enfermedad mental”), o de alegría (“subes corriendo la escalera al apartamento de tu amada”), y se registraban los tiempos de lectura de cada frase. El estudio se desarrolló en dos sesiones, y antes de la segunda sesión experimental, se administró a los participantes un producto cosmético (el botox) que paralizaba momentáneamente sus músculos del entrecejo (corrugadores). Los resultados mostraron que los tiempos de lectura entre la primera y la segunda sesión se alteraron sustancialmente, pero sólo en las frases de valencia negativa. Es decir, que las frases de enfado y tristeza, pero no las de alegría, se leyeron más

lentamente después de recibir el botox. La explicación de estos resultados es que la comprensión del lenguaje emocional implica una activación de los músculos periféricos relacionados con la expresión de dichas emociones. El hecho es bastante notable, pues parece invertir el orden causal esperable (las emociones causan expresiones emocionales), mostrando que las expresiones emocionales, a su vez, condicionan la comprensión, y seguramente el propio sentimiento emocional. En cualquier caso, es obvio el carácter corpóreo del significado emocional.

4. La comprensión de metáforas también activa simulaciones corpóreas. Las metáforas son frases interesantes, pues utilizan palabras concretas (perceptivas y motoras) para referirse a nociones abstractas. Un buen ejemplo de ello son las metáforas direccionales descritas por Lakoff y Johnson (1980) que se organizan en torno a la dimensión vertical. De modo general, utilizamos metáforas relativas a la dirección espacial “arriba” cuando nos referimos a eventos positivos (salud, alegría, inteligencia, poder, bondad, riqueza, alto estatus), y utilizamos metáforas de tipo “abajo” para referirnos a eventos negativos (enfermedad, tristeza, torpeza, bajo poder, maldad, pobreza, bajo estatus).

Los estudios recientes muestran claramente que, a pesar de la abstracción del significado metafórico, durante la comprensión de metáforas se activan simulaciones perceptivo-motoras. Así, cuando se pidió a un grupo de personas que juzgasen el carácter positivo o negativo de las palabras, las respuestas fueron más rápidas si las palabras agradables estaban situadas en la parte superior y las desagradables en la parte inferior de la pantalla, es decir, si había congruencia con las metáforas orientacionales descritas por Lakoff y Johnson. De modo análogo, en nuestro laboratorio (Santana y de Vega, 2008), se pidió a los participantes que

comprendiesen expresiones metafóricas de tipo arriba/abajo (“Su talento para la política le llevó *alzarse* con la victoria”, “Su adicción a la droga le llevó a *caer* en el abismo”), mientras realizaban un movimiento del dedo hacia arriba o hacia abajo. Cuando había congruencia entre el significado metafórico y el movimiento (por ejemplo, “alzarse con la victoria” y movimiento hacia arriba) las respuestas fueron más rápidas que en caso contrario (por ejemplo, “caer en el abismo” y movimiento hacia arriba).

En suma, los estudios que utilizan observaciones conductuales indican que durante la comprensión de frases concretas, e incluso de metáforas abstractas, se activan de forma rutinaria representaciones visuales, motoras y emocionales de los objetos, acciones y situaciones descritas. Todo ello favorece la idea de que el significado conlleva una simulación corpórea de la experiencia, y no un procesamiento aséptico y desnaturalizado de símbolos abstractos, como propone la tesis simbolista más radical. Los anteriores estudios, sin embargo, no utilizaron registros de la actividad cerebral. Por tanto, no aportan evidencias directas de la activación de las áreas perceptivo-motoras y emocionales del cerebro. En cambio, los estudios que describiré a continuación aportan la perspectiva de la neurociencia, empleando medidas de actividad neurológica asociada a tareas de comprensión del lenguaje.

Estudios neurocientíficos sobre corporeidad

La neurociencia cognitiva está contribuyendo a reavivar el interés por la naturaleza corpórea del significado lingüístico. Los resultados obtenidos refuerzan, en muchos casos, la idea de que la comprensión implica una simulación mental de la experiencia, al mostrar que durante la comprensión se producen activaciones de

áreas perceptivo-motoras del cerebro, relacionadas con el significado. Así, Friedemann Pulvermüller (2008) resumió recientemente algunos resultados suyos y de sus colaboradores sobre el sustrato neuronal de los verbos de acción. En una de las investigaciones, los participantes escuchaban verbos de acción, mientras se registraba su actividad cerebral mediante Imagen por Resonancia Magnética funcional (IRMf). Los verbos utilizados se referían a movimientos de la boca (lamer, soplar, etc.), de las manos (coger, lanzar, etc.) o de las piernas (pisar, saltar, etc.). Los mismos individuos realizaban, en otra fase del experimento, movimientos reales de la boca, las manos o las piernas. Los resultados fueron muy claros: cuando se realizaban los movimientos físicamente se activaban las áreas somatotópicas específicas de la corteza motora y premotora que cabría esperar. Así, los movimientos de la boca implicaban activación de áreas próximas a la cisura de Silvio, los de las manos y brazos activaban zonas dorsolaterales, y los de los pies y piernas mostraban activación en el vértice y surco inter-hemisférico. Pero, lo más notable es que durante la escucha pasiva de los verbos de acción, se activaron parcialmente las mismas áreas que en la ejecución de las acciones. Hemos mencionado que la audición de las palabras era "pasiva", es decir, que los participantes no tenían que hacer ninguna tarea especial, ni siquiera prestar atención. Sin embargo, la conectividad neuronal entre las regiones del lenguaje y las regiones motoras está tan firmemente establecida que aún así se producía la activación automática de las áreas somatotópicas.

Antes de continuar con la cuestión de la corporeidad del lenguaje, quiero introducir brevemente un reciente descubrimiento de las neurociencias: las neuronas espejo. En la década de los 80 del siglo pasado, el neurólogo Giacomo Rizzolatti y sus colaboradores de la Universidad de Parma estaban estudiando la

actividad de ciertas neuronas situadas en la corteza motora del macaco, mediante micro-electrodos implantados en el animal vivo. Tal como cabía esperar, estas neuronas se activaban cada vez que el macaco realizaba una acción específica, por ejemplo, agarrar un objeto. Pero fue una sorpresa comprobar que esas mismas neuronas se activaban también cuando el animal observaba un movimiento análogo del investigador o de un congénere. El descubrimiento fue casual, pero el talento de Rizzolatti y sus colaboradores les llevó a realizar una investigación exhaustiva del fenómeno y a postular en última instancia un concepto revolucionario: las “neuronas espejo” (véase la revisión de Gallese, Keysers & Rizzolatti, 2004). Estas neuronas son una especie de híbrido funcional, ya que se activan tanto al ejecutar una acción (arrugar un papel), como al observarla (ver arrugar un papel), e incluso escucharla (oír el crujido del papel al arrugarse). Las implicaciones funcionales de las neuronas espejo son muy notables, ya que podrían explicar fenómenos cognitivos muy sofisticados como la imitación, la comprensión de las acciones de los otros o, como veremos, la comprensión del lenguaje.

Pero ¿existen neuronas espejo en el cerebro humano? Todo indica que así es. Los estudios de neuroimagen muestran que algunas regiones de la corteza motora y promotora se activan cuando una persona realiza una acción y también cuando observa un video de alguien realizando una acción. Las neuronas espejo humanas también procesan la intencionalidad o la meta de las acciones. Por ejemplo, la acción de coger una taza activa una población diferente de neuronas espejo cuando la intención es beber, que cuando la intención es recoger la mesa. Además algunas neuronas espejo tienen relación con emociones sociales como la empatía ante el dolor ajeno y, por tanto, podrían explicar parcialmente las conductas altruistas o cooperativas. Finalmente, una parte del sistema de neuronas espejo en

los humanos se encuentra exactamente en la corteza fronto-parietal izquierda, es decir en áreas responsables de coordinar los procesos de producción del lenguaje.

Esto último ha llevado a Rizzolatti y Arbib (1998) a especular que quizá el lenguaje humano es consecuencia de la ampliación funcional, durante la evolución de nuestros antepasados, de un subconjunto de neuronas espejo, que no sólo se activan para ejecutar y comprender acciones, sino que también para comprender y generar frases que describe esas acciones. Algunos estudios recientes apoyan esta idea. Por ejemplo, Tettamanti y cols. (2008) registraron la actividad cerebral de un grupo de participantes mediante IRMf mientras éstos escuchaban frases relativas a movimientos de la boca (por ejemplo, "muerdo una manzana"), de las manos (por ejemplo, "agarro un cuchillo") o de las piernas (por ejemplo, "doy una patada al balón"). Como condición de control se utilizaban frases con contenido abstracto (por ejemplo, "aprecio la sinceridad"). Los resultados mostraron que una región específica del área de Broca (*pars triangularis*), tradicionalmente asociada al lenguaje, se activaba en todas las frases con verbos motores, aunque no en las frases abstractas, sugiriendo que se trata de neuronas espejo. Pero, además, las frases con verbos de movimientos de boca, de manos o de piernas, activaban otras áreas específicas de la corteza motora izquierda. Estos resultados sugieren que en la comprensión del lenguaje existe una representación relativamente abstracta de las acciones en el área de Broca, pero también que se activan representaciones de los programas motores específicos de las acciones. Más aún, estas áreas específicas se solapan parcialmente con las que se activan cuando la gente observa acciones de boca, manos, o piernas.

En nuestro propio laboratorio hemos analizado con técnicas de IRMf la comprensión de oraciones que describen acciones que implican diferente grado de esfuerzo (Urrutia, y cols. 2010; de Vega, y cols. 2010). Por ejemplo,

- Como Pedro decidió pintar el salón, está moviendo la foto (bajo esfuerzo)
- Como Pedro decidió pintar el salón, está moviendo el sofá (alto esfuerzo)
- Como Pedro decidió pintar el salón, está eligiendo un color (no esfuerzo)

Los resultados mostraron mayor activación en la corteza parietal inferior izquierda (PII) cuando los participantes leían frases de alto esfuerzo que cuando leían frases de bajo esfuerzo o de no esfuerzo. Esta región cerebral está relacionada con procesos de planificación de la acción, que incluyen la evaluación del tamaño, el peso y la secuencia de músculos que hay que movilizar para ejecutar la acción. De modo que es comprensible que el mayor esfuerzo, al requerir más planificación, active la corteza PII en mayor medida. Pero, no olvidemos que en este caso los participantes no realizaban ninguna acción, sino que únicamente comprendían descripciones de acciones. Por otra parte, la corteza PII también se ha descrito como perteneciente al sistema de neuronas espejo humanas. Una prueba bastante directa de ello es que cuando a nuestros participantes se les pedía una acción real (apretar una pelota con la mano), u observaban vídeos que mostraban acciones, también se activaba la corteza PII. Finalmente, la activación de la corteza PII ocurre no sólo en frases afirmativas como las de los ejemplos, sino también en frases con formato de negación (... no está moviendo el sofá) o contrafactual (... hubiera movido el sofá). Esto es notable, ya que las frases negativas y contrafactuales son, en realidad, muy abstractas, ya que no describen estados del mundo "reales", sino exactamente su ausencia (negación) o una conjetura sobre

ellos (contrafactual). A pesar de ello la activación corpórea parece formar parte de su significado.

Una evidencia convergente sobre el papel de las neuronas espejo en el lenguaje es que las personas autistas que muestran graves déficits en sus capacidades lingüísticas, parecen tener carencias en este tipo de neuronas. Los autistas tienen profundas dificultades en el uso pragmático del lenguaje, que muchos autores atribuyen a un déficit en la teoría de la mente, es decir, en aquella capacidad que tenemos las personas para entender los estados mentales de los demás (lo que saben, lo que desean). Pues bien, los autistas, incluso con un buen nivel funcional de lenguaje, cuando comprenden frases muestran mucha menos activación que el grupo de control en áreas de la corteza premotora donde suelen ubicarse las neuronas espejo, incluida el área de Broca (Just y cols., 2004).

En resumen, los datos de la neurociencia cognitiva son convergentes con los datos de la psicología cognitiva. La neurociencia muestra un solapamiento *neuronal* entre comprensión y acción y la psicología indica un solapamiento *funcional* entre ambos. La múltiple funcionalidad de las neuronas espejo como procesadoras de acción, como interpretadoras de acción y como simuladoras de acción, sugiere también su importante papel en la comprensión del significado lingüístico.

V. ¿POR QUÉ EL SIGNIFICADO ES CORPÓREO?

Las evidencias empíricas favorables a la corporeidad del significado lingüístico que acabamos de revisar son abrumadoras. Pero ¿cómo podría ser de otro modo? Las ventajas de un sistema lingüístico “conectado” directamente con el mundo mediante representaciones o simulaciones corpóreas, en relación a un

sistema simbólico descorporeizado, parecen intuitivamente obvias. Pero más allá de las intuiciones veamos algunos argumentos sobre las ventajas de la corporeidad.

El primer argumento es de tipo evolucionista. Algunos órganos o mecanismos fisiológicos que evolucionaron inicialmente para satisfacer una determinada función adaptativa en las especies antecesoras, pueden ser reutilizados para desempeñar funciones nuevas en otra especie. Este proceso de ampliación funcional o reutilización de un órgano se denomina *exaptación*, y es bastante común en el contexto de la evolución de las especies. Por ejemplo, algunos dinosaurios tenían el cuerpo cubierto de plumas cuya función principal era el aislamiento de la intemperie; sin embargo las aves, descendientes de los dinosaurios, reutilizaron las plumas con una función totalmente diferente: el vuelo. Este podría ser el caso de los sistemas neuronales de la percepción, la acción y la emoción, cuya misión primaria es garantizar una interfaz eficiente con el entorno, pero que en los seres humanos parecen haber ampliado sus funciones, hasta transformarse en sistemas representacionales avanzados. Así, aunque la percepción y la acción son procesos que operan en-línea ante situaciones concretas tanto en las personas como en los animales, las personas podemos utilizar la maquinaria cerebral perceptivo-motora para representarnos en la imaginación experiencias perceptivas y motoras, en ausencia de percepción y de acción. Podemos imaginarnos un objeto sin verlo en este momento (por ejemplo, el aspecto de la catedral de La Laguna); podemos combinar varios objetos en la imaginación (por ejemplo, imaginarnos un caballo entrando en una cafetería); podemos realizar cambios dinámicos en una imagen mental, como por ejemplo rotar mentalmente 90 grados la figura de un 8 y “descubrir” que se parece al símbolo del infinito; podemos, en fin “crear” mentalmente objetos que no existen. También podemos “escuchar” mentalmente

una melodía en nuestra imaginación, o imaginarnos que realizamos acciones, a veces con mucho detalle, sin llegar a ejecutarlas. Finalmente, podemos evocar emociones al recordar o imaginar experiencias. Obviamente, estas capacidades representacionales avanzadas que trascienden el “aquí y ahora” constituyen un rasgo cognitivo humano que permite la anticipación del futuro, la creación de artefactos, o los infinitos matices de la interacción social. Pero, son capacidades que no surgen de la nada, sino de una ampliación funcional de los mecanismos perceptivo-motores ordinarios del cerebro, como muestran algunas investigaciones neurocientíficas (Borst, y Kosslyn, 2008; Jeanerod, 2006).

Podríamos especular que el lenguaje es también fruto de un proceso de exaptación o reutilización de mecanismos cerebrales y corpóreos pre-existentes a nuestra especie. El significado lingüístico utilizaría la capacidad representacional avanzada que acabamos de mencionar, que a su vez consiste en una exaptación de los mecanismos perceptivos y motores ordinarios, quizá de las neuronas espejo.

Otro posible argumento se basa en las ventajas funcionales del significado corpóreo. Concretamente, el significado corpóreo facilita la interfaz con el mundo físico, facilita la comunicación entre interlocutores y proporciona una evaluación emocional inmediata de lo que nos dicen. En efecto, el significado corpóreo proporciona una interfaz más directa entre el lenguaje y el mundo físico que un sistema de representación simbólica. Muchos de los mensajes verbales que producimos y comprendemos se refieren al entorno físico, y esto obliga a los interlocutores a establecer el referente de las palabras en su experiencia perceptiva y motora inmediata. Por ejemplo, si alguien me dice “por favor, alcánzame la botella”, para responder a esta petición tendré que localizar “la botella” en el campo visual próximo, debo también localizar físicamente al hablante para poder identificar

el referente del pronombre “me” (en “alcánzame”), debo planificar una acción motora bastante compleja para materializar la acción referida con “alcánzame”; esto es desplazar primero la mano y agarrar la botella, y luego trasladar la botella hasta las proximidades del hablante. Todo esto parece más factible si, al comprender la oración, construimos una simulación corpórea de toda esta secuencia a partir de las palabras. En cambio, no está muy claro cómo podría hacerse esto a partir de una representación puramente simbólica abstracta. De hecho, los investigadores que intentan construir robots parlantes se ven obligados a introducir representaciones corpóreas de las palabras en el robot, de modo que éste conecte los nombres con los objetos visuales y los verbos con las acciones motoras (movimientos de un brazo mecánico, y agarre), tal como ha demostrado por ejemplo Deb Roy (2008). Sólo con este diseño corpóreo el robot podrá entender y ejecutar órdenes como “alcánzame la botella”.

Por otra parte, una función primordial del lenguaje es la comunicación, y para que ésta tenga éxito es preciso que haya un buen ajuste o alineamiento entre las representaciones que construyen el hablante y el oyente. Dicho de otro modo, las personas nos entendemos en la medida en que nos representamos los referentes lingüísticos de modo similar. Un modo eficiente de conseguir ese alineamiento de representaciones entre los interlocutores es construir simulaciones corpóreas, utilizando la maquinaria cerebral perceptivo-motora que todos compartimos. Supongamos una conversación entre dos personas A y B; cuando A pronuncia la frase ya mencionada, “alcánzame la botella”, parte de una representación específica de la botella y su ubicación y probablemente desarrolla una expectativa sobre los movimientos que va a hacer su interlocutor B. Por su parte, B tendrá que construir una representación mental similar en la que identifica y ubica la misma botella que

A, y produce un patrón motor apropiado a las expectativas de A. En opinión de Rizolatti y Arbib (1998), el alineamiento o “paridad” de las representaciones entre los interlocutores es justamente una característica del sistema de neuronas espejo, que “resuenan” de modo análogo en el cerebro del hablante y del oyente, durante el acto de comunicarse.

Finalmente, otra ventaja funcional de la corporeidad del significado es la evaluación de la experiencia a través de las emociones que, como ya se ha dicho, tienen un carácter corpóreo. Como asegura Damasio (1994), el cerebro emocional primario (básicamente el sistema límbico y la amígdala) se desarrolló en la evolución para asegurar la supervivencia, al generar respuestas corporales muy intensas (las emociones) ante estímulos de gran valor adaptativo, como los riesgos o amenazas físicas (por ejemplo, la presencia de un depredador). Pero cuando aparecen cerebros complejos como el nuestro, capaces de pensar o de utilizar el lenguaje, la información más “cognitiva” también se evalúa corporalmente con la misma maquinaria emocional. Para ello el cerebro ha incorporado en nuestra especie conexiones entre el sistema límbico y la corteza frontal, para garantizar que las experiencias más “abstractas” sean procesadas por nuestro cerebro y nuestro cuerpo emocional. Así, las palabras y las frases pueden producir una intensa reacción emocional en el que las escuchas; pensemos en las emociones que pueden suscitar, una mala noticia, una buena noticia, un insulto, o un halago. Los mismos mecanismos que velan por la supervivencia física, en contextos naturales de amenaza, nos proporcionan una aprehensión inmediata, a través de nuestro cuerpo, del valor biológico del significado lingüístico.

VI. LAS DUDAS SOBRE LA CORPOREIDAD

Los argumentos anteriores que señalan el origen biológico y las ventajas funcionales de la corporeidad del significado lingüístico, así como los datos empíricos proporcionados por la Psicología y las Neurociencias no han acallado el escepticismo de los simbolistas. De hecho aún siguen planteándose debates sobre el tema de la corporeidad del significado entre simbolistas y partidarios de la corporeidad (de Vega, Glenberg y Graesser, 2008). Hay dos argumentos críticos de los simbolistas que merecen consideración:

En primer lugar, el argumento de la abstracción. El planteamiento corpóreo podría explicar la activación de simulaciones perceptivo-motoras y emocionales, cuando el lenguaje se refiere a situaciones concretas que incluyen objetos, eventos o acciones físicas. Pero gran parte del lenguaje es abstracto. En algunos casos, la abstracción no parece un gran problema pues, tal como hemos visto, algunos enunciados abstractos, como las metáforas, implican alguna forma de representación corpórea. Pero, ¿qué decir de palabras como “verdad”, “idea” o “justicia”? que no tienen claros referentes en el mundo físico. Algunos investigadores creen que, incluso en estos casos, la comprensión implica una simulación corpórea de situaciones concretas. Por ejemplo, Barsalou y Wiemer-Hastings (2005) reflexionan sobre la comprensión del concepto abstracto “verdad”, y aseguran que, si bien la palabra presentada de forma aislada es en efecto abstracta, lo habitual es que aparezca en el contexto de una frase que le proporciona un andamiaje situacional. Por ejemplo: “María ha dicho que está lloviendo y es *verdad*”. En el contexto de esta frase el lector puede simular mentalmente la situación como una serie de operaciones perceptivo-motoras en las que el concepto “verdad” resulta mucho más concreto. Es decir, se representaría sucesivamente: a) un

personaje diciendo algo sobre un estado del mundo (está lloviendo); b) un oyente que construye una representación de lo que dice el hablante (la expectativa de lluvia); c) el oyente explora visualmente la parte del mundo a la que se refiere la afirmación del hablante (cómo está el tiempo ahí fuera); d) y verifica si el significado de la frase original se ajusta al estado del mundo que acaba de verificar; e) si se da un ajuste entre significado y estado del mundo, el hablante concluye que es VERDAD, en caso contrario, que es FALSO. No obstante, pese a los esfuerzos de Barsalou y Wiemer–Hastings, el tema de la abstracción no queda totalmente resuelto por las teorías corpóreas del significado. Muchos conceptos lingüísticos que utilizamos constantemente no se corresponden a estados o eventos físicos del mundo, sino a estados mentales fruto de la introspección del hablante, como ilustran los verbos mentalistas: creer, desear, suponer, dudar, intuir, etc. En estos casos, más que hablar de un significado estrictamente corpóreo puede ser útil postular procesos más abstractos propios de la llamada “teoría de la mente”.

En segundo lugar, algunos simbolistas se muestran escépticos sobre la interpretación de los propios datos experimentales esgrimidos como apoyo de la corporeidad del significado. Consideremos, por ejemplo, los datos de neuroimagen citados anteriormente (Pulvermüller, 2008) que desvelan la activación de áreas somatotópicas de la corteza motora específicas durante la comprensión de verbos y frases de acción. Mahon y Caramazza (2008) aseguran que estos resultados muestran activación de áreas motoras, pero *no demuestran que esta activación forme parte del significado lingüístico*. Supongamos que una persona sufre una parálisis ¿dejaría por ello de entender el significado de verbos como “correr”, “saltar” o “bailar”? El argumento escéptico también es aplicable a personas que no tienen dañado su sistema motor pero que no disponen de ciertas habilidades en su

repertorio motor. Por ejemplo, si una persona nunca ha esquiado, ¿deja por ello de entender el verbo “esquiar”? Para validar la funcionalidad de las activaciones corpóreas en el cerebro habría que verificar que en ausencia de esas activaciones la comprensión se deteriora. Algunos resultados experimentales van en esa dirección. Por ejemplo, los pacientes de Parkinson cuya movilidad física está alterada, muestran dificultades selectivas en la comprensión de los verbos de acción. Igualmente, los estudios antes mencionados que muestran que la manipulación de las expresiones faciales afecta a la comprensión de las frases emocionales, también indican una relación funcional directa entre la expresión corporal de la emoción y la comprensión del lenguaje.

En suma, en esta lección he defendido un argumento general: el significado lingüístico utiliza parcialmente los mismos mecanismos cerebrales y corporales que garantizan nuestra interacción con el mundo y, en última instancia, nuestra adaptación y supervivencia. Es decir, que las representaciones que evoca el lenguaje son perceptivas, motoras y emocionales. La tesis de la corporeidad devuelve el lenguaje a la naturaleza, superando la idea tradicional, probablemente heredera del dualismo cartesiano, según la cual el lenguaje es una función autónoma, simbólica e independiente del cerebro perceptivo-motor y del cuerpo.

BIBLIOGRAFÍA

Barsalou, L. & Wiemer–Hastings, K. (2005). Situating abstract concepts. En D. Pecher & R. Zwaan (Eds.), *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thought* (pp. 129–163). New York: Cambridge University Press.

Borst, G., & Kosslyn, S. M. (2008). Visual mental imagery and visual perception: structural equivalence revealed by scanning processes. *Memory & Cognition*, 36, 849-862.

Castillo, M.D., de Vega, M. & Moreno, V. (2009). The time course of motor resonance in the comprehension of action sentences. *16th Meeting of the European Society for Cognitive Psychology*. Cracovia (Polonia).

Damasio A. R. (1994). *Descartes' error. Emotion, reason and the human brain*. New York: Putnam's Sons.

Darwin, C. (1872). *The expresión of the emotions in man and animals*. Oxford: Oxford University press.

De Vega, M. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.

De Vega, M., León, I., Valdés, M., Ferstl, E., Hernández, J.A., Padrón, I. (2010). Comprensión de oraciones con contenidos perceptivo-motores. Un estudio de fMRI con contrafactuals y negaciones. *V Workshop sobre Avances en el estudio de la Actividad Cerebral*. Murcia.

De Vega, Glenberg, y Graesser (2008). *Symbos and Embodiment. Debates on meaning and cognition*. New York: Oxford University Press.

Fodor, J. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.

Gallese, V., Keysers, C. & Rizzolatti, G. (2004). A unifying view of the basis of social cognition. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 8, 396–403.

Harnad, S. (1990). The symbol grounding problem. *Physica D*, 42, 335-346.

Havas, D.A., Glenberg, A. M., y Rinck, M. (2007). Emotion simulation during language comprehension. *Psychonomic Bulletin and Review*, 14, 436-441.

Havas, D.A., Glenberg, A.M., Gutowski, K.A., Lucarelli, M.J., y Davidson, R.J. (2010). Cosmetic Use of Botulinum Toxin-A Affects Processing of Emotional Language. *Psychological Science*, 20, 1-6.

Jeannerod, M. (2006). *Motor cognition: What actions tell the Self*. Oxford University Press.

Just, M., Cherkassky, V., Keller, T. & Minshew, N. (2004). Cortical activation and synchronization during sentence comprehension in high-functioning autism: Evidence of underconnectivity. *Brain*, 127, 1811–1821.

Kaschak, M.P., Madden, C.J., Therriault, D.J., Yaxley, R.H., Aveyard, M., Blanchard, A. & Zwaan, R.A. (2005). Perception of motion affects language processing. *Cognition*, 94, 79-89

Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago: University of Chicago Press.

Mahon, B. Z., Caramazza, A. (2008). A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content. *Journal of Physiology – Paris*, 102 59–70

Pulvermüller, F. (2008). Grounding language in the brain. En de Vega, Glenberg, y Graesser (Eds.). *Symbos and Embodiment. Debates on meaning and cognition* (, pp 85-116). New York: Oxford University Press.

Ramón y Cajal, S. (1923, 2006). *Recuerdos de mi vida*. Madrid: Editorial crítica.

Rizzolatti, G. y Arbib, M.A. (1998). Language within our grasp. *Trends in Neuroscience*. 21, 188-194.

Roy, D (2008). A mechanistic model of three facets of meaning. En de Vega, Glenberg, y Graesser (Eds.). *Symbos and Embodiment. Debates on meaning and cognition*.(pp 195-222). New York: Oxford University Press.

Santana, E. y de Vega, M. (2008). Orientational Metaphors are embodied... and also their literal counterparts. *18 Annual conference of the Society of Text and Discourse*, Memphis, US

Searle, J. R. (1980). Minds, brains and programs. *Behavioral & Brain Sciences*, 3, 417-424.

Stanfield, R. & Zwaan, R. (2001). The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition. *Psychological Science*, 121, 153–156.

Tettamanti, M., Manenti, R., Della Rosa, P., Falini, A., Perani, D., Cappa, S. & Moro, A. (2008). Negation in the brain: Modulating action representations. *NeuroImage*, 43, 358-367.

Urrutia, M., de Vega, M. y Gennari, S. (2009) The force is with you... or would have been with you. An fMRI study of action language. *Workshop on Embodied and Situated Language Processing*. Rotterdam.

Zwaan, R., Stanfield, R. & Yaxley, R. (2002). Language comprehenders mentally represent the shape of objects. *Psychological Science*, 13, 168–171.

Zwaan, R. & Yaxley, R. (2003). Spatial iconicity affects semantic-relatedness judgments. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 954–958.